

## Opleidingsdag voor de Vlaamse erfgoedconsulenten en monumentenwachters: houtconstructies

Meest voorkomende (stabiliteits-)problemen aan  
balklagen en kapconstructies


Luc Schueremans


29 april 2010



### Inhoud

- Hout als bouw materiaal  $\Rightarrow$  impact op structureel gedrag;
- Structureel gedrag van balklagen en kapconstructies;
- Structurele schade aan balklagen/kapconstructies – welke en hoe herkennen?
  - Schade-oorzaken;
  - Visuele inspectie;
  - Kwantificeren van schade-impact;
- Het ruimer kader: relatie met omliggende structuur is van belang – globaal beeld structureel gedrag gebouw
- Kort Sint-Jacobskerk – kapconstructies – pijnpunten in kaart brengen als voorbereiding op namiddag.




Building Materials and Building Technology



## Hout als bouw materiaal

- Hout is een ANISOTROOP materiaal, opgebouwd uit een celstructuur
- Basiseigenschappen: dichtheid, vochtgehalte

EN  
1995

3



Building Materials and Building Technology


## Dichtheid

De dichtheid ( $\rho$ ): belangrijkste fysische eigenschap van hout → meeste mechanische eigenschappen zijn positief gecorreleerd aan de dichtheid. (cfr. tabel met sterkteklassen).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$\rho = \rho_\omega = f(\omega)$ :  $\omega \uparrow \rightarrow m \uparrow$  door opname water, en  $\rightarrow V \uparrow$  door het zwellen.

$$\rho_\omega = \frac{m_\omega}{V_\omega} = \frac{m_0(1 + 0.01\omega)}{V_0(1 + 0.01\beta_v\omega)} = \rho_0 \frac{(1 + 0.01\omega)}{(1 + 0.01\beta_v\omega)}$$

waarin:

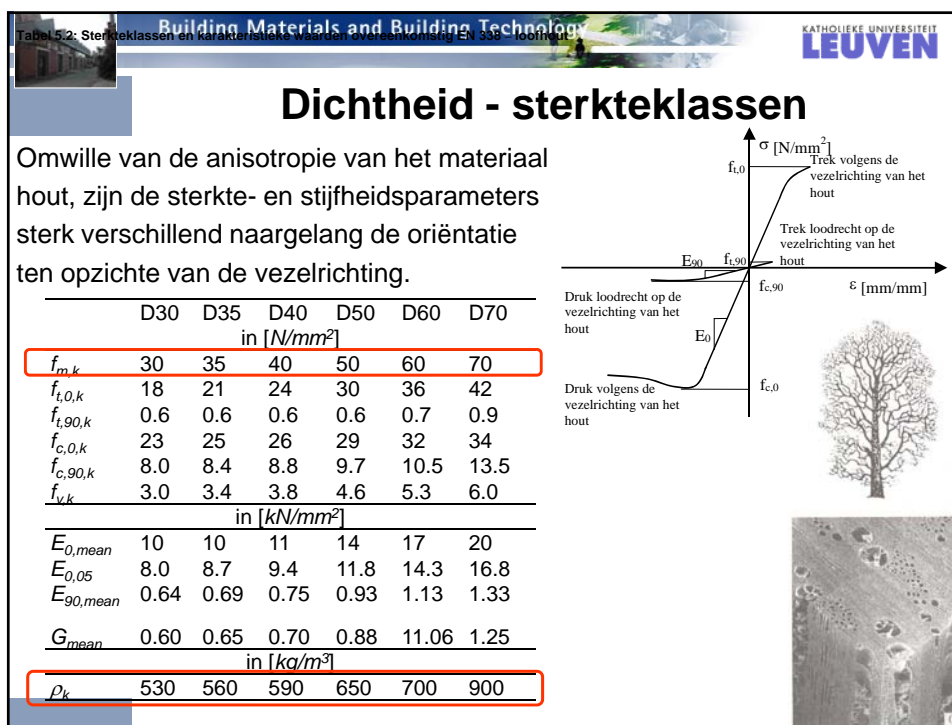
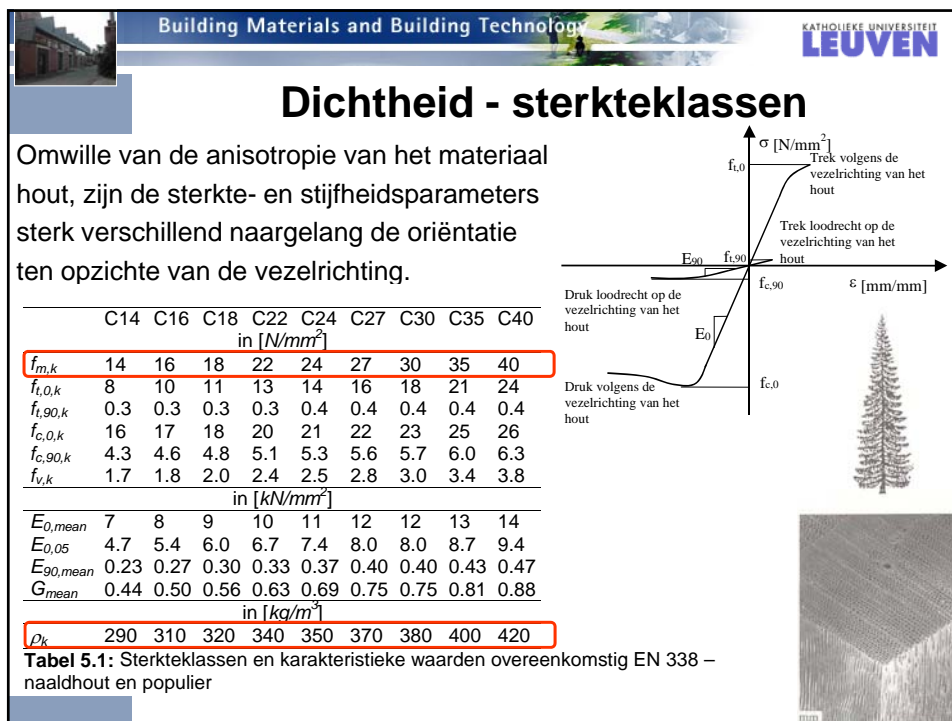
- $m_0, \rho_0$  en  $V_0$ : bij  $\omega = 0\%$  (droging op  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ )
- $\beta_v$ : volumetrische uitzettingscoëfficiënt


EC5 gebruikte dichtheden:

- $\rho_0$ : bij  $\omega = 0\%$ , droging op  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ;
- $\rho_{12}$ : bij  $\omega = 12\%$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $RV=65\%$ . binnenklimaat en labo-omstandigheden.

EN  
1995

4





Building Materials and Building Technology

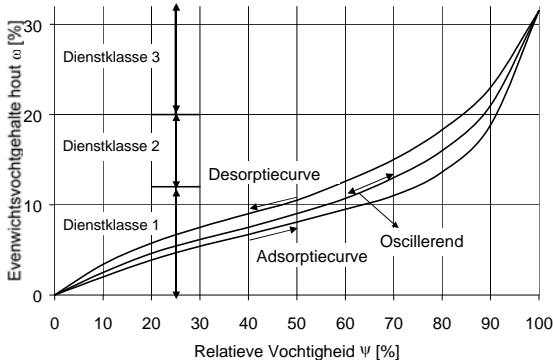
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Vochtgehalte – zwellen/krimpen

Hout = hygroscopisch.  
Het vochtgehalte

$$\omega = \frac{m_{\omega}}{m_0} 100\%$$


Zwellen: opname van vocht door de celwanden.



Het vochtgehalte waarbij de celwanden verzadigd zijn met water treedt op bij het saturatiepunt  $\omega_f = 25-35\%$ , (28%).

- $\omega > \omega_f = 28\%$  bijkomende water = vrij water in de cellen teruggevonden
- $\omega > \omega_f = 28\%$  veranderingen materiaalkarakteristieken beperkt.
- $\omega < \omega_f = 28\%$  veranderingen materiaalkarakteristieken drastisch.

7



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Vochtgehalte

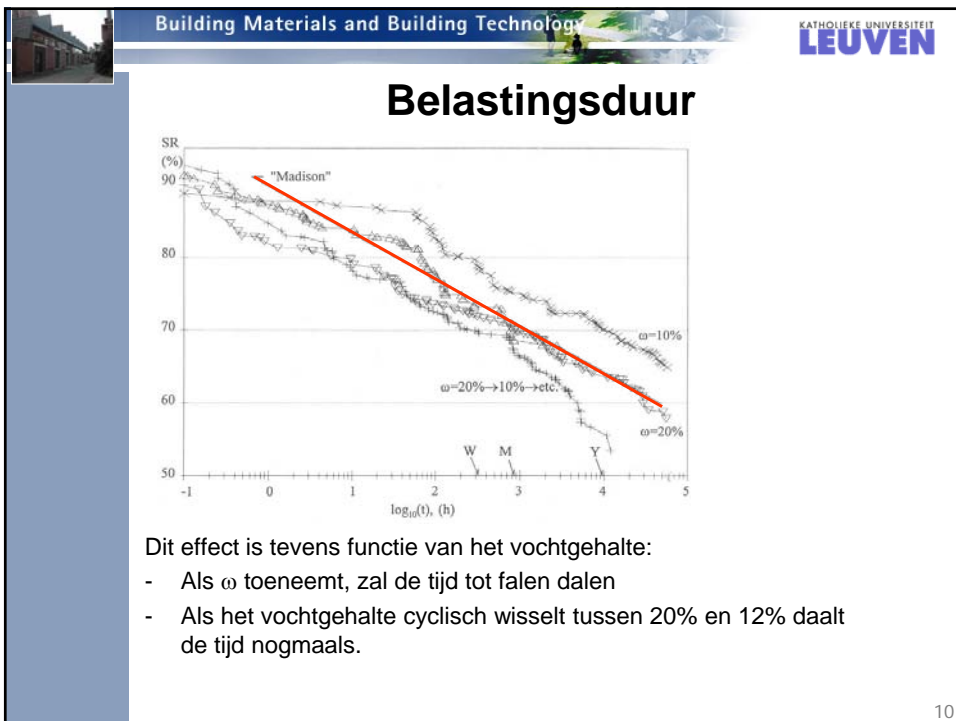
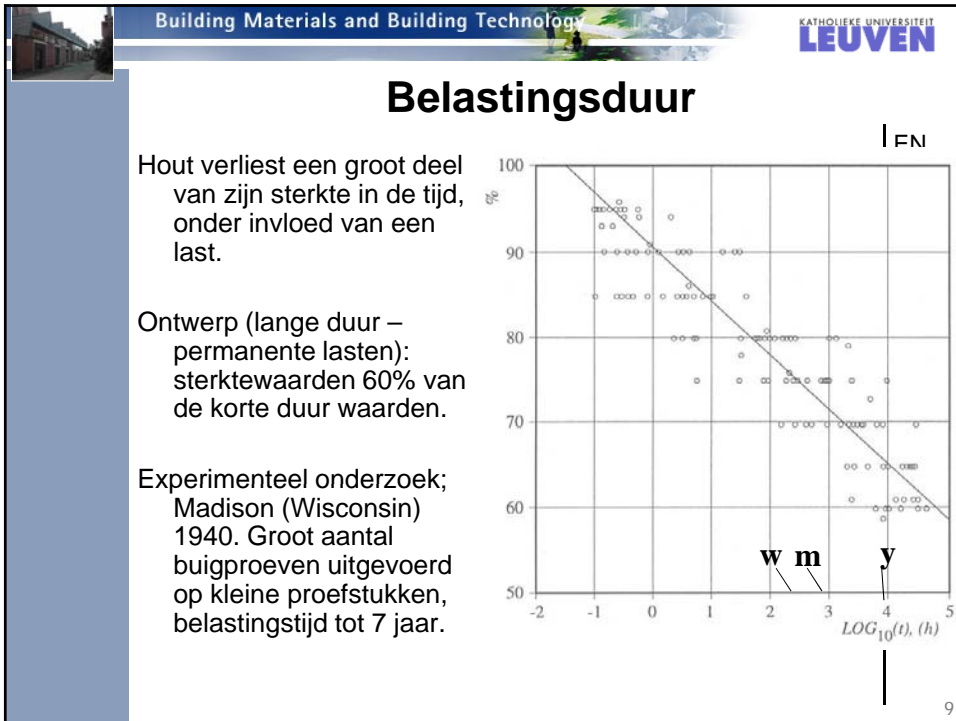
**Invloed mechanische eigenschappen:** Toename van het vochtgehalte leidt tot een afname in sterkte- en stijfheidseigenschappen.

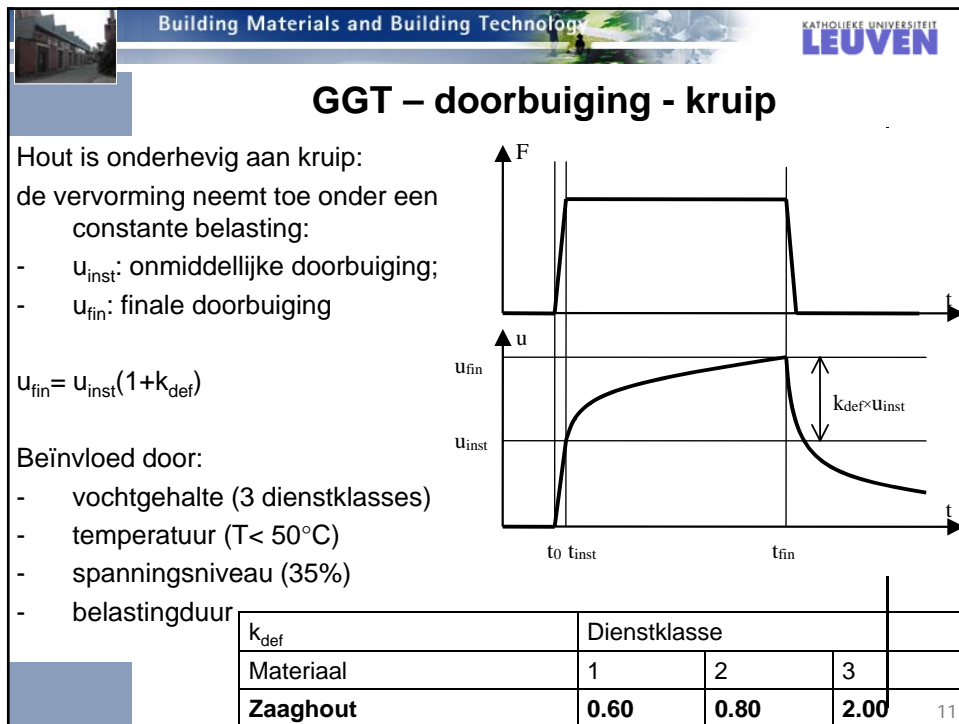
$\omega < \omega_f = 28\%$  veranderingen materiaalkarakteristieken drastisch.

Materiaaleigenschap		Verandering tgv 1% stijging in $\omega$
Druksterkte evenwijdig met de vezelrichting	$f_{c,0}$	5 (↓)
Druksterkte loodrecht op de vezelrichting	$f_{c,90}$	5 (↓)
Buigsterkte evenwijdig met de vezelrichting	$f_{m,0}$	4 (↓)
Treksterkte evenwijdig met de vezelrichting	$f_{t,0}$	2.5 (↓)
Treksterkte loodrecht op de vezelrichting	$f_{t,90}$	2 (↓)
Afschuifsterkte evenwijdig met de vezelrichting	$f_{v,0}$	3 (↓)
Impact buigsterkte evenwijdig met de vezelrichting		0.5 (↓)
Elasticiteitsmodulus evenwijdig met de vezelrichting	$E_0$	1.5 (↓)

**Tabel 5.5:** Benaderend effect in [%] van een wijziging in het evenwichtsvochtgehalte van 1% ten opzichte van de basiswaarde  $\omega = 12\%$

8





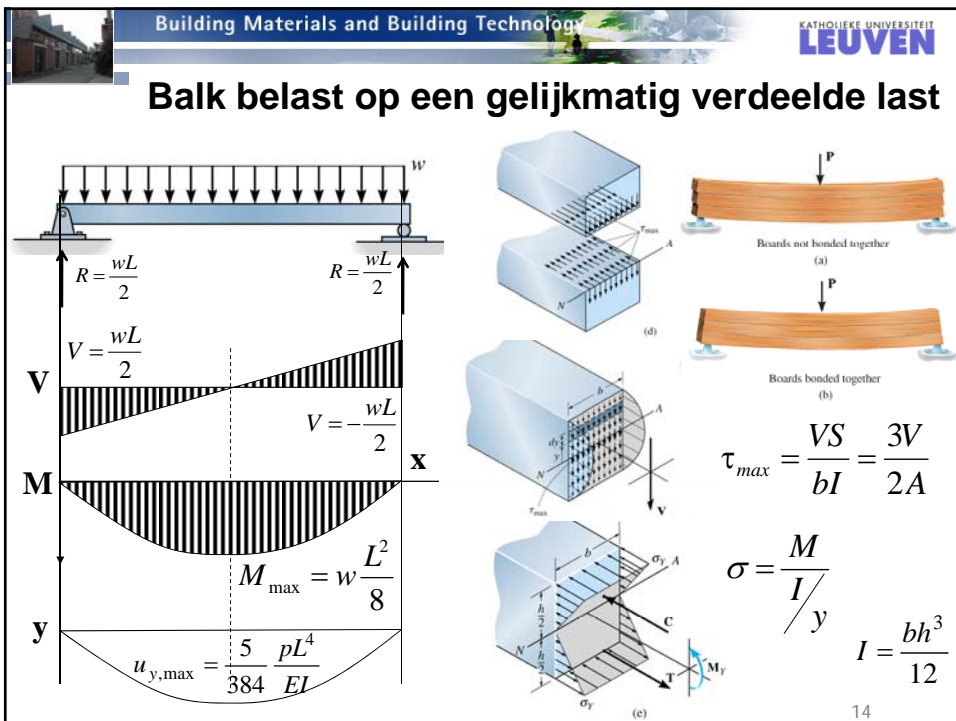
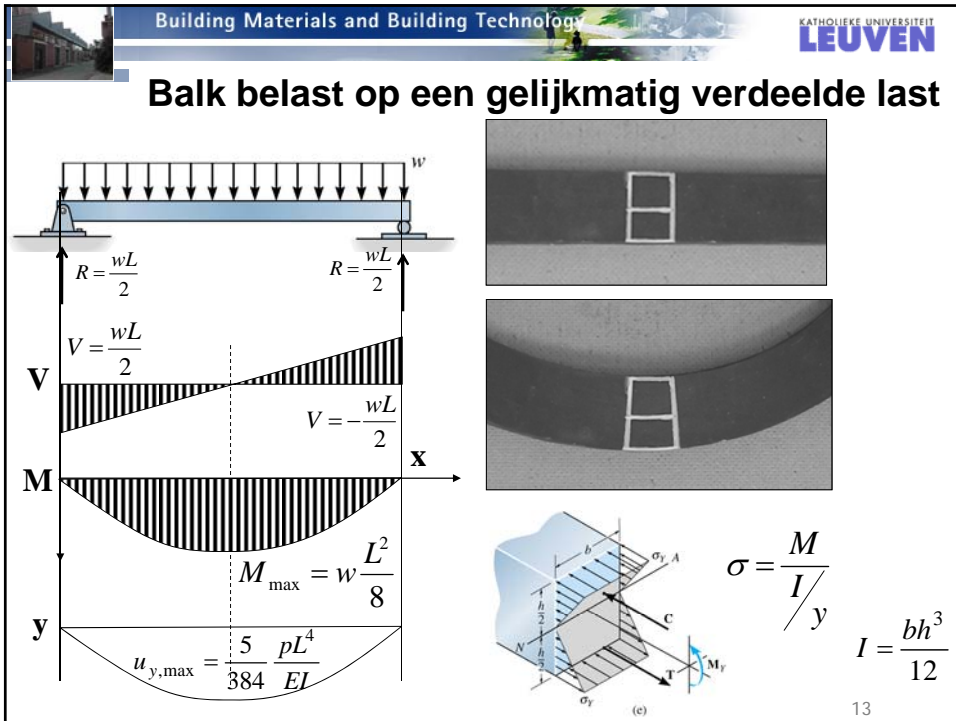
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Constructief gedrag balklagen en kapconstructies

- Balklagen (dwarskracht en buiging, doorbuiging – spanningen in het hout);
- Kapconstructies – op te nemen belastingen (e.g., wind, sneeuw) – dwarse en langse stabiliteit
  - Belastingen
  - Vormstabiliteit (langs en dwars)
  - krachtswerking
- Impact van belangrijke constructieve elementen:
  - Verbindingen (schrijnwerkverbindingen, pen-gat, beugels);
  - dubbele muurplaat;
  - trekkers en ankers;
  - windschoren, bebording.

12








Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Balk belast op buiging



Links: Vleeshuis Antwerpen [foto: Luc Schueremans] 15




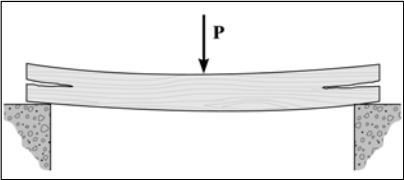
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Balklagen – structurele problemen

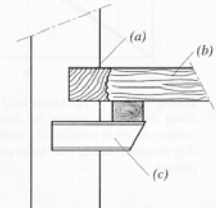
- Ter hoogte van opleg (dwarskracht V maximaal):
  - overschrijden van afschuifsterkte (**P** te groot);







$$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A} > f_v$$

- Overschrijden van afschuifsterkte door weerstandsverlies (klassiek rotten van balkkop – vochtinfiltratie) (impact op **A**);








Links: St. Michielskathedraal, Brussel [foto: Dionys Van Gemert], rechts: Sint-Jacobskerk - Leuven 16



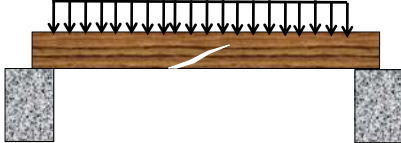


Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Balklagen – structurele problemen

- Ter hoogte van midden (buigmoment M maximaal):
  - overschrijden van buigtreksterkte (**P** te groot);




$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot y > f_m$$

- Overschrijden van buigsterkte door weerstandsverlies (klassiek aantasting door schimmels/kevers) (impact op **I**);
- Excessieve doorbuiging door (over)belasting.

$$u_{y,\max} = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{EI} > \frac{L}{350} \dot{a} \frac{L}{250}$$

17




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**


## Balklagen – structurele problemen

- Ter hoogte van midden (buigmoment M maximaal):
  - overschrijden van buigtreksterkte (**P** te groot);
  - Overschrijden van buigsterkte door weerstandsverlies (klassiek aantasting door schimmels/kevers) (impact op **I**);




Sint-Vedastuskerk - Zaventem

18




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**




## Balklagen – structurele problemen

- Ter hoogte van midden (buigmoment  $M$  maximaal):
  - overschrijden van buigtreksterkte ( $P$  te groot);
  - Overschrijden van buigsterkte door weerstandsverlies (klassiek aantasting door schimmels/kevers) (impact op  $I$ );
  - Excessieve doorbuiging door (over)belasting.




Quartier des Célestines – Namur - Ministerie van de Franse Gemeenschap in voormalig gasthuis van de zusters Celestijnen

19



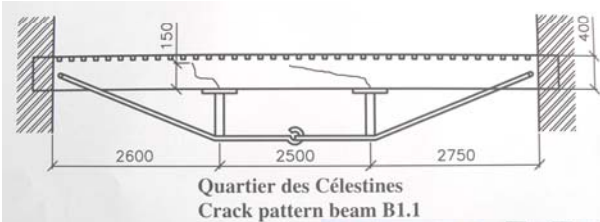
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**





## Visuele inspectie

Excessieve doorbuiging balklagen – scheuren in middenzone  
(Quartier des Célestines-Namur)



Quartier des Célestines  
Crack pattern beam B1.1

20



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Visuele inspectie

Excessieve doorbuiging balklagen – scheuren in middenzone  
(Quartier des Célestines-Namur) & sectieverlies door brand



21

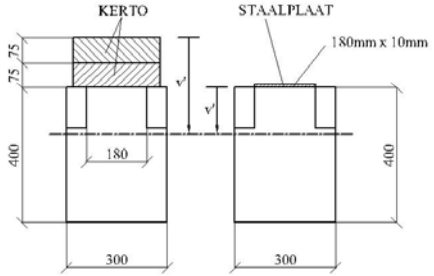



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

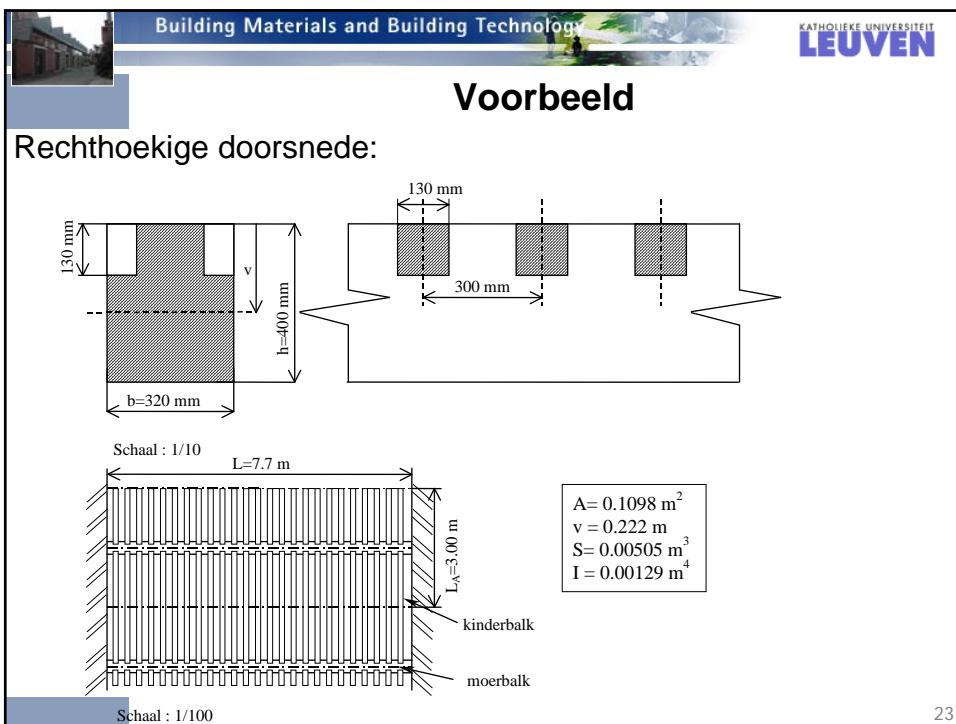
## Balklagen – structurele problemen

- Ter hoogte van midden (buigmoment  $M$  maximaal):
  - overschrijden van buigtreksterkte ( $P$  te groot);
  - Overschrijden van buigsterkte door weerstandsverlies (klassiek aantasting door schimmels/kevers) (impact op  $I$ );
  - Excessieve doorbuiging door (over)belasting.





Quartier des Célestines - Namur



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Balklagen - Load-Sharing

EN 1995

Assemblages die zijn opgebouwd uit parallelle elementen die verbonden zijn met een lastenverdelend systeem (vloerstructuur)

Balken met verschillende stijfheid:


- L: lage stijfheid
- H: hoge stijfheid
- G: gemiddelde stijfheid.

(a)

(b)

⇒ Vloerplanken vormen vaak lastenherverdelend systeem voor de kinderbalken. Eén kinderbalk van mindere kwaliteit hoeft geen onmiddellijk gevaar te betekenen voor de globale stabiliteit.

24

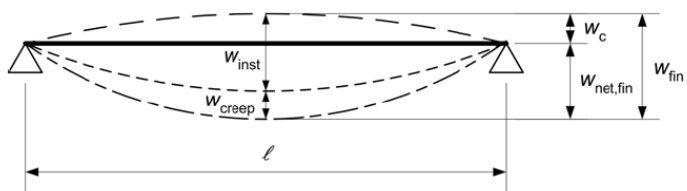


Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## GGT – doorbuiging - kruip


Beperkingen opgelegd aan de doorbuiging:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$


	$w_{inst}$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$
Balk op 2 steunpunten	$L/300 - L/500$	$L/250 - L/350$	$L/150 - L/300$

EN 1995  
§7.2  
Fig.7.1  
pp.55-56

25



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

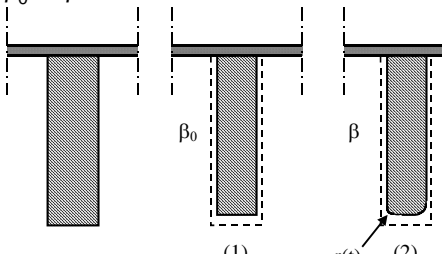
## UGT – Brandweerstand (A)

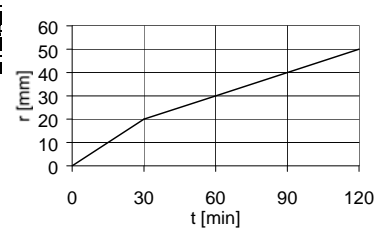
Belangrijk onderscheid:

- **Ontvlambaarheid:** het gemak waarmee het materiaal vuur vat;
- **Brandweerstand:** mate waarin het materiaal in staat is zijn dragende functie te blijven uitvoeren.


Goed voorspelbaar. Brand leidt tot een lineaire reductie van de dikte van het structureel element als functie van de tijd:

$\beta_0$  of  $\beta = 0.5-1.0 \text{ mm/min.}$





26




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies

- Kapconstructies – op te nemen belastingen (e.g., wind, sneeuw) – dwarse en langse stabiliteit
- Impact van belangrijke constructieve elementen:
  - Verbindingen (schrijnwerkverbindingen, pen-gat, beugels);
  - dubbele muurplaat;
  - trekkers en ankers;
  - windschoren, bebording.

27

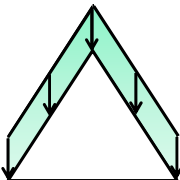


Building Materials and Building Technology

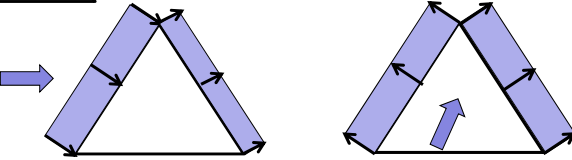
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - belastingen


- Eigengewicht, permanente lasten (dakafwerking):

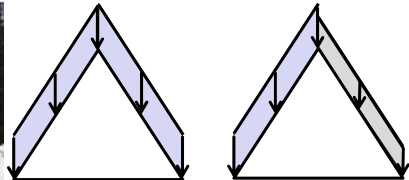



- Wind




- Sneeuw (afhankelijk van dakhelling:  $\alpha > 60^\circ$  - geen sneeuw)








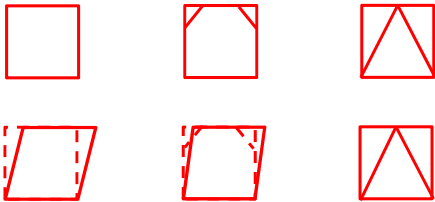
28





Building Materials and Building Technology


## Kapconstructies - vormstabiliteit

Evolutie: niet-geheel vormvaste  $\Rightarrow$  vormvaste draagconstructie  
(opgebouwd uit driehoeken als basis voor vormvastheid).

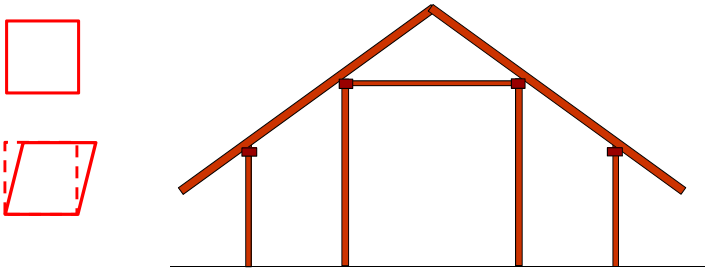





Building Materials and Building Technology


## Kapconstructies - vormstabiliteit

Evolutie: niet-geheel vormvaste tot vormvaste draagconstructie  
(opgebouwd uit driehoeken als basis voor vormvastheid).



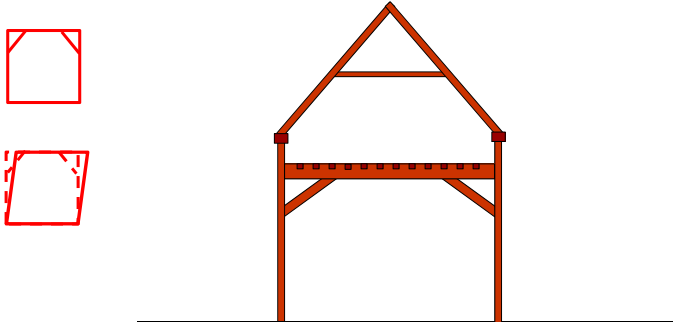





Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Kapconstructies - vormstabiliteit

Evolutie: niet-geheel vormvaste tot vormvaste draagconstructie (opgebouwd uit driehoeken als basis voor vormvastheid).

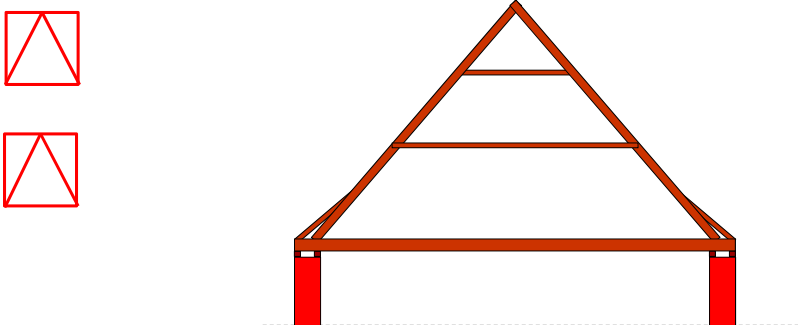




Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Kapconstructies - vormstabiliteit

Evolutie: niet-geheel vormvaste tot vormvaste draagconstructie (opgebouwd uit driehoeken als basis voor vormvastheid).





Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Kapconstructies - voorbeeld

- Tiendenshuur Herkenrode (Kuringen – Limburg)  
september 1998




Foto's Tiendenshuur Herkenrode (Kuringen): Triconsult NV

33



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Kapconstructies - voorbeeld




34

Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - voorbeeld

scharnier

scharnier

openen van verbinding

Funderingsproblemen

35

Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - voorbeeld

wind

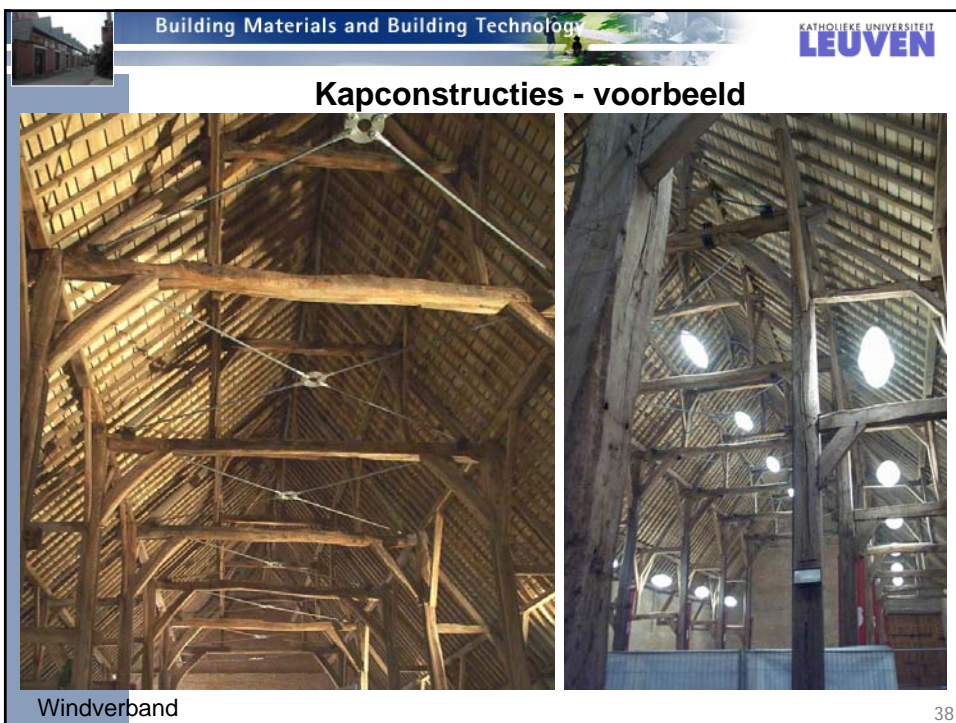
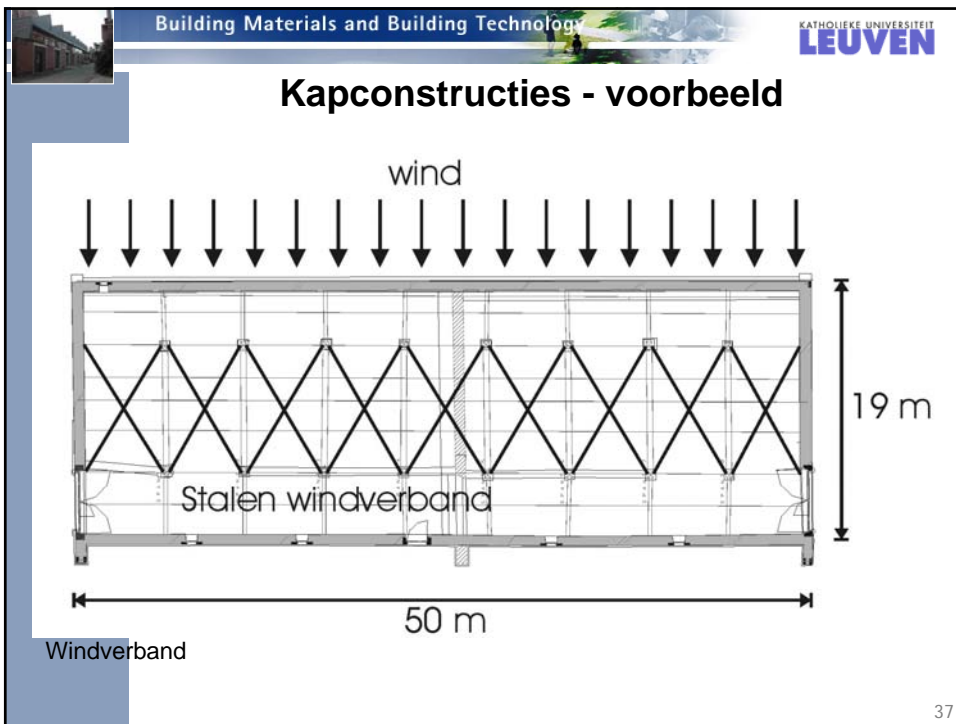
19 m

50 m

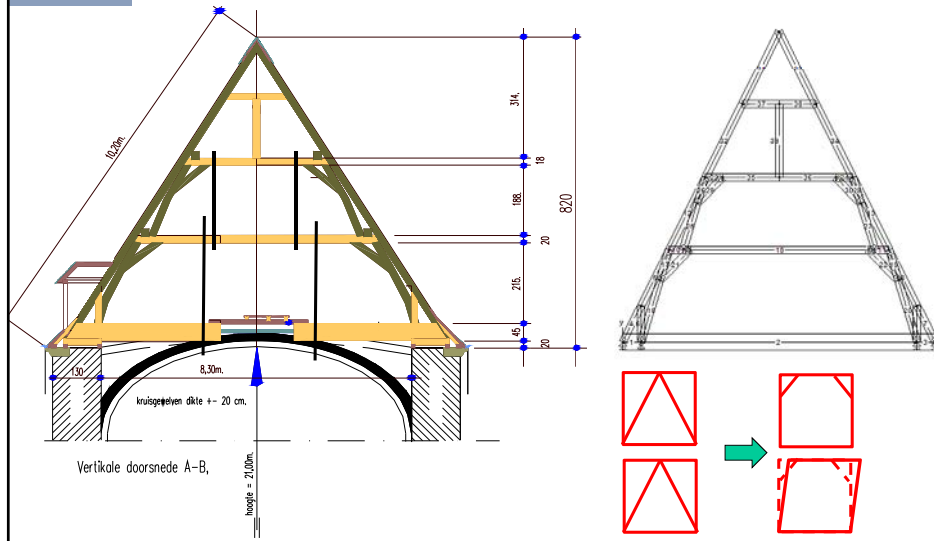
scheidingmuur

Windstijfheid

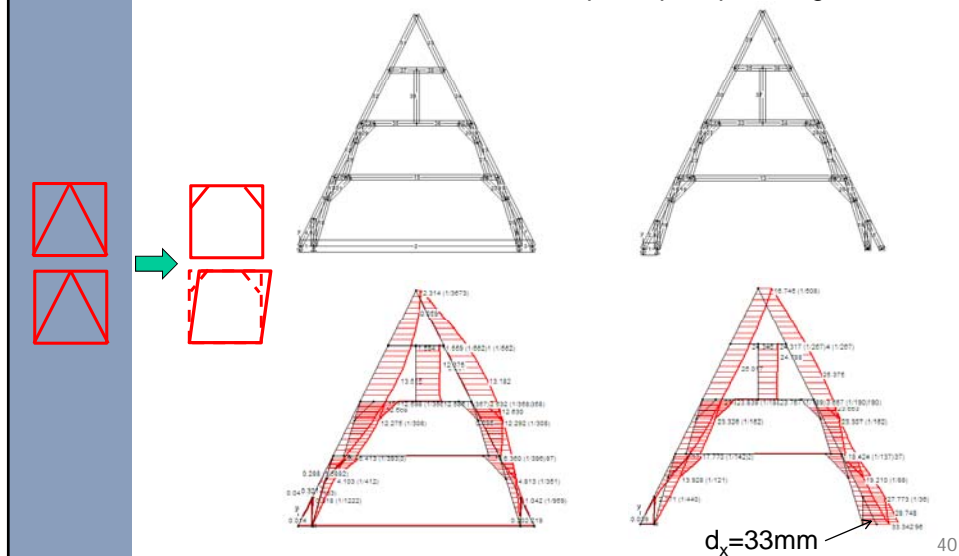
36



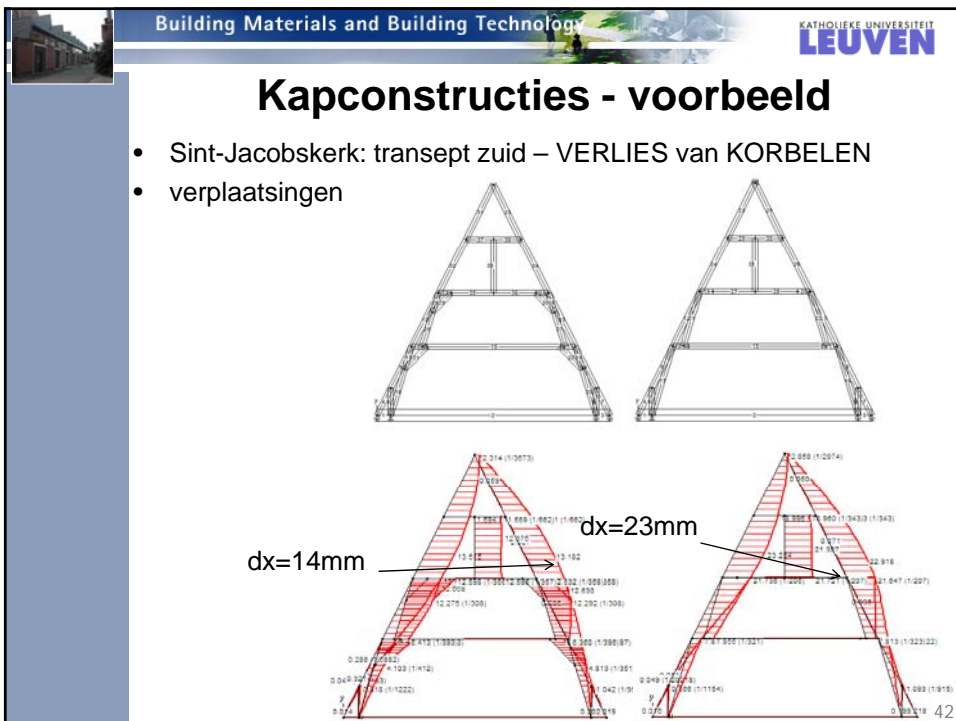
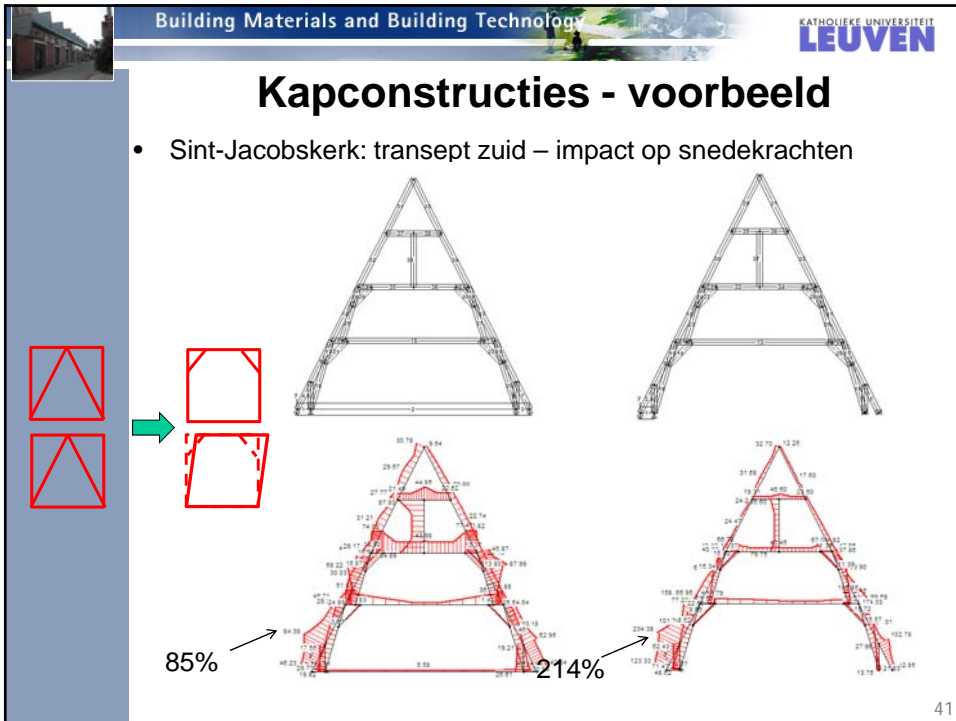
- Sint-Jacobskerk: transept zuid




- Sint-Jacobskerk: transept zuid – impact op verplaatsingen









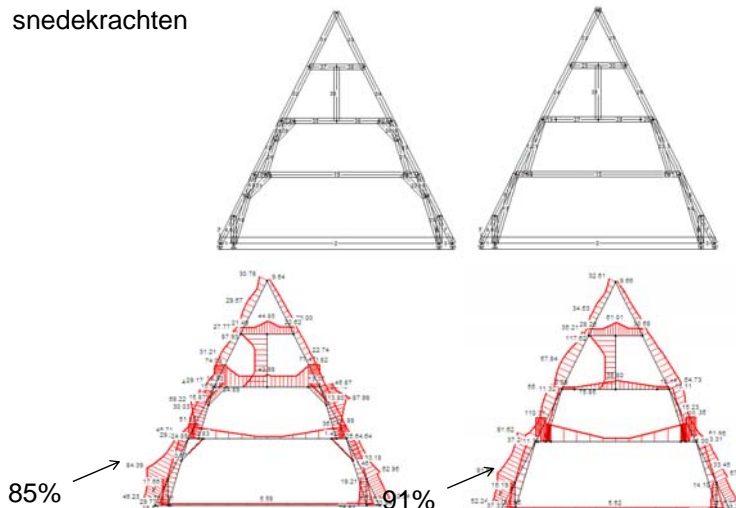
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**


## Kapconstructies - voorbeeld

- Sint-Jacobskerk: transept zuid – VERLIES van KORBELEN
- snedekrachten

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**



43



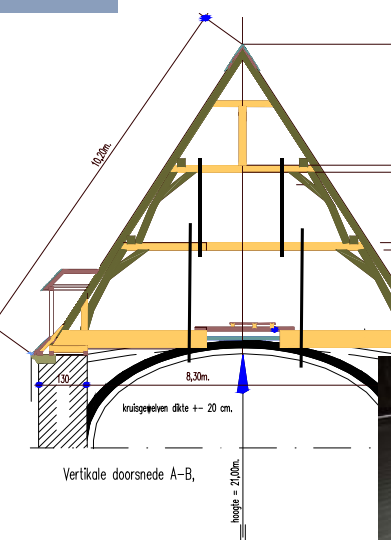
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - voorbeeld


- Sint-Jacobskerk: transept zuid

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**



Vertikale doorsnede A-B,


hoogte = 21,00m




- ophangen
- gewelf
- globaal structureel gedrag

44



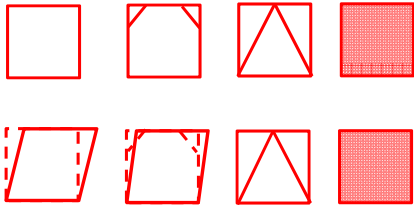



Building Materials and Building Technology




## Kapconstructies - vormstabiliteit

Vormstabiliteit ook in de **langse** richting - windstabiliteit



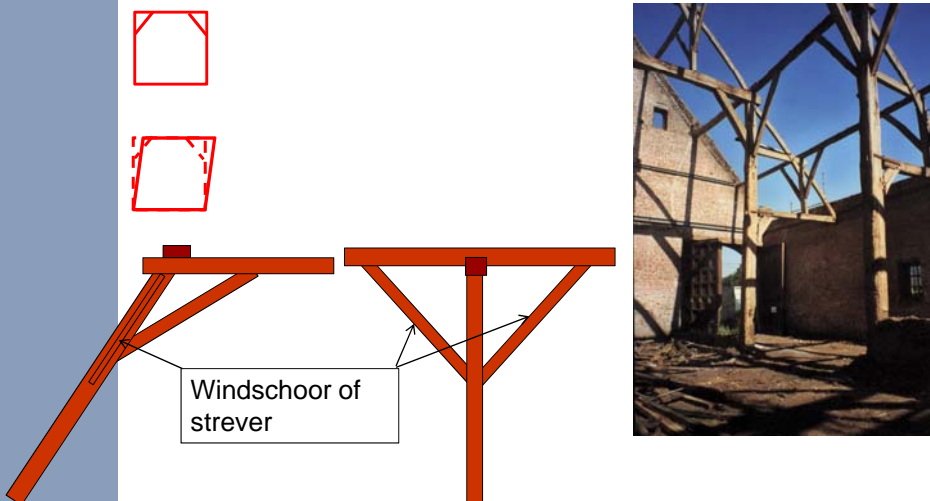


Building Materials and Building Technology




## Kapconstructies - vormstabiliteit

Vormstabiliteit ook in de **langse** richting - windstabiliteit



Windschoor of strever

Dwarsdoorsnede      Lengtedoorsnede

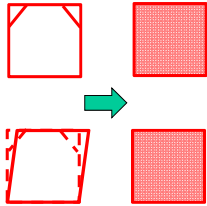



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - vormstabiliteit

Vormstabiliteit ook in de **langse** richting – windstabiliteit:  
Bijkomende schijfwerking door:  
Bebording.







Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Windschoor - windstabiliteit




Tiendenschuur, Herkenrode




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Windschoor - windstabiliteit




Watermolen, Grobbendonk

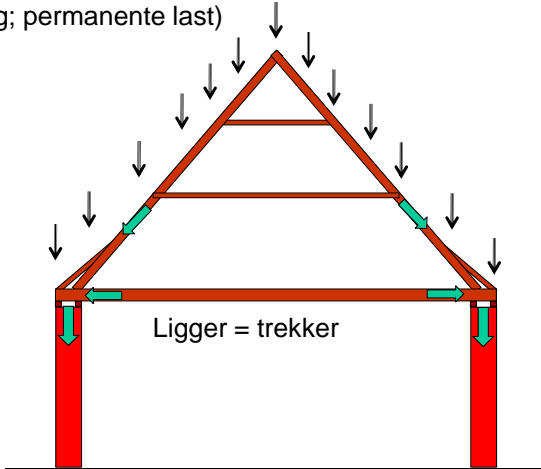


Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**


## Kapconstructies - krachtswerking

- Overdracht van de belastingen op de onderliggende structuur van verticale lasten (e.g; permanente last)



Ligger = trekker

50



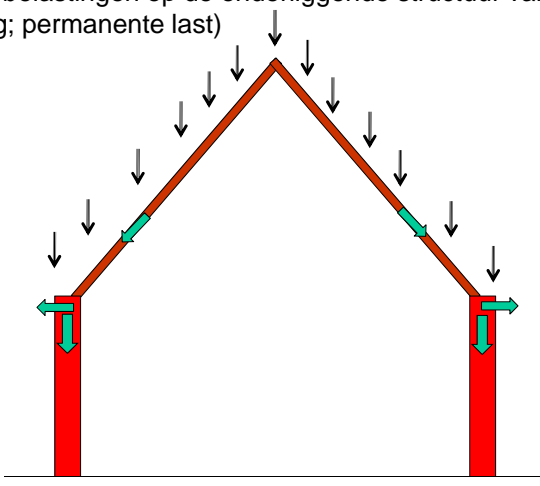
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**


KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - krachtswerking

- Overdracht van de belastingen op de onderliggende structuur van verticale lasten (e.g; permanente last)



51



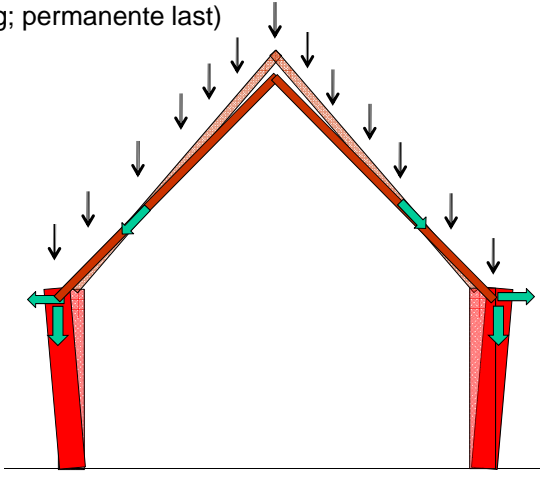
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**


KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - krachtswerking

- Overdracht van de belastingen op de onderliggende structuur van verticale lasten (e.g; permanente last)



52

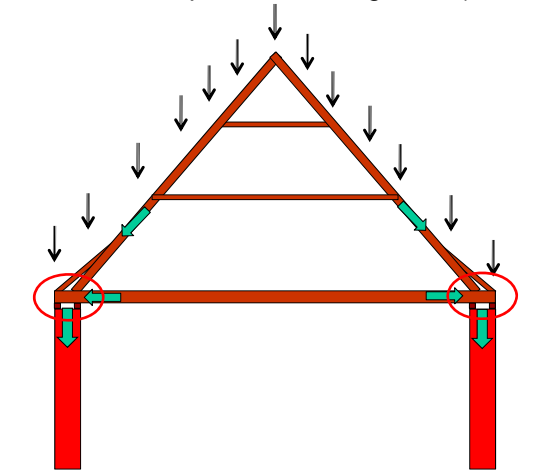


Building Materials and Building Technology


KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - krachtswerking

- Cruciale punten (vaak ook zwakke punten voor degradatie)



53

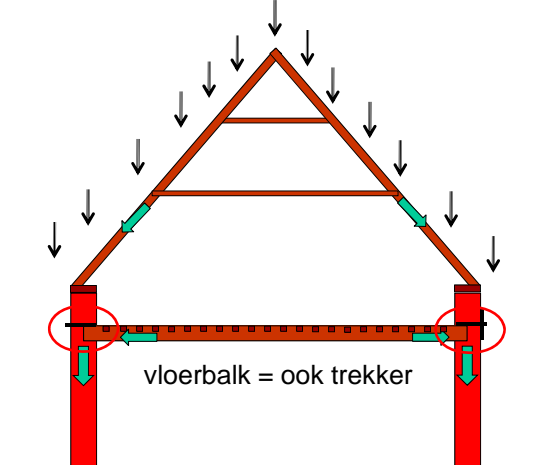


Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Kapconstructies - krachtswerking

- Cruciale punten (vaak ook zwakke punten voor degradatie)



vloerbalk = ook trekker

54

Building Materials and Building Technology **KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN**

## Kapconstructies - krachtswerking

- Cruciale punten (vaak ook zwakke punten voor degradatie)

55

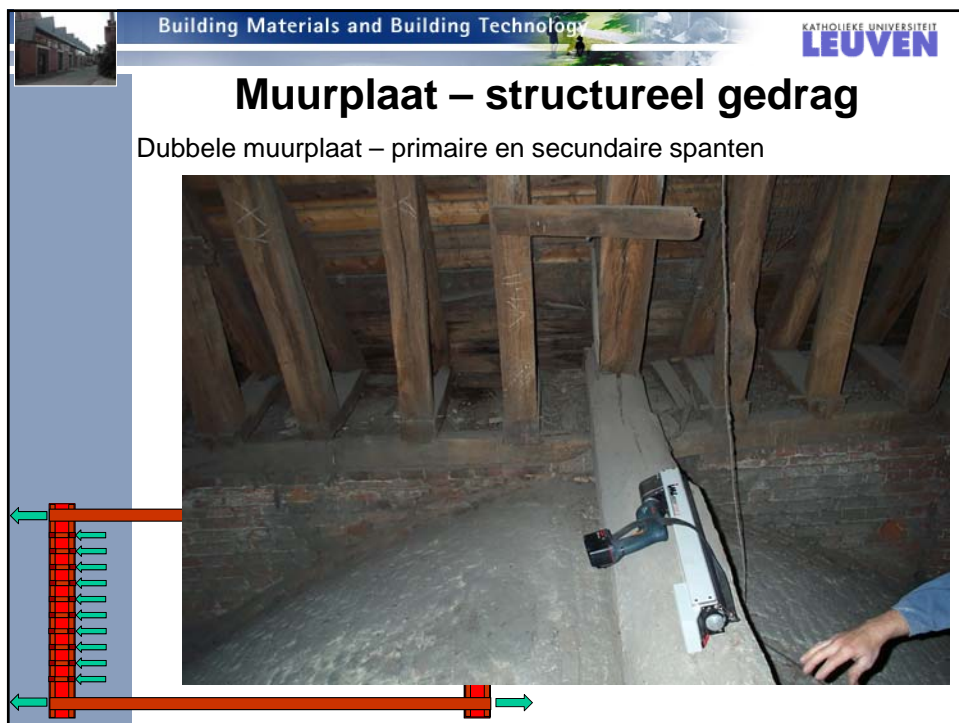
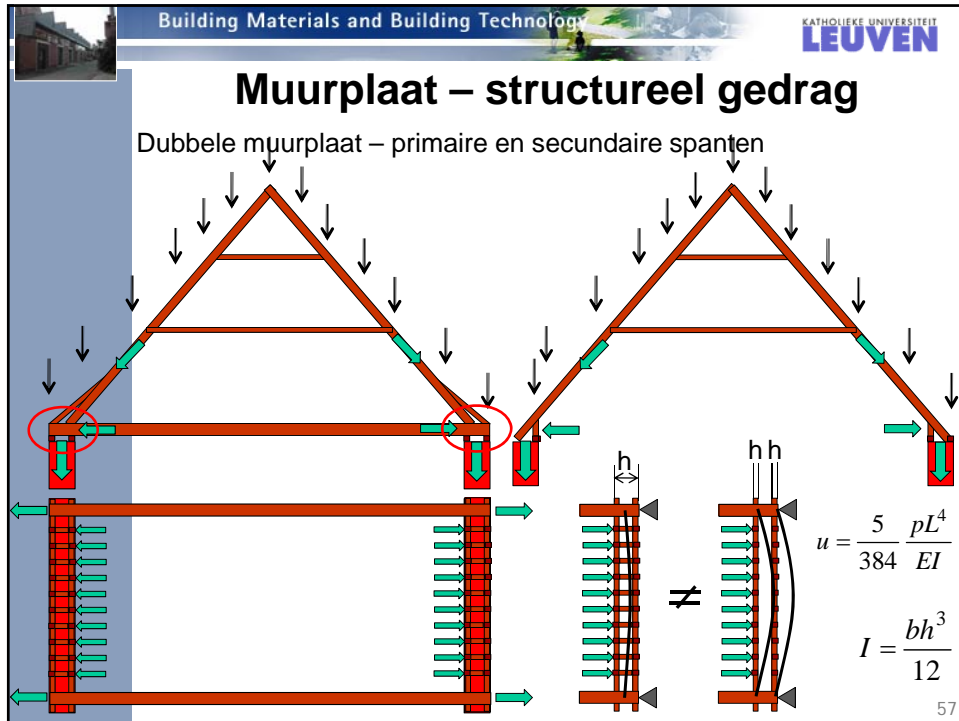
Building Materials and Building Technology **KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN**

## Muurplaat – structureel gedrag


Dubbele muurplaat – primaire en secundaire spanten

56








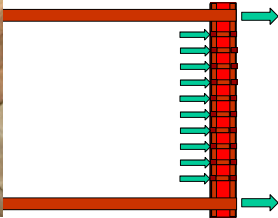



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Muurplaat – structureel gedrag

Dubbele muurplaat – Sint-Jacobskerk - Leuven - STN2 - westzijde  
schade muurplaat en verplaatsing opleg spant - openstaande  
verbinding met kepers.




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Schade aan houtconstructies – hoe herkennen

- Uitgangspunten van vorige analyses:
  - Vormstabiliteit kan enkel gegarandeerd worden via driehoeken (zit in de **verbindingen**);
  - Dus: detaillering controleren is uitermate belangrijk;
    - verbindingen,
    - Beugels;
    - Toognagels;
    - Muurankers;
    - Aantasting balkkoppen (vocht – houtborende kevers);

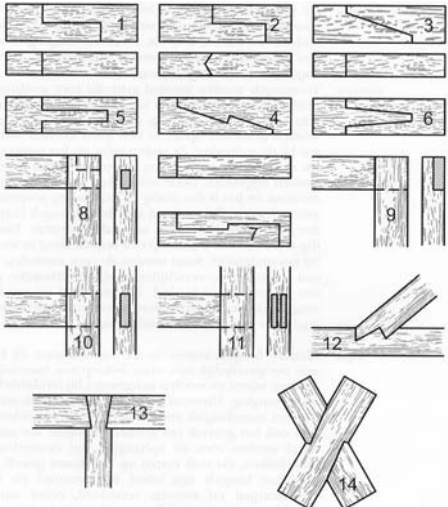
60



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Verbindingen




EN  
1995

1. Rechte lipas  
2. Rechte lipas met visbek  
3. Schuine lipas  
4. Schuine haaklas  
5. Rechte penlas  
6. Schuine penlas

7. Rechte haaklas  
8. Open pen en gat  
9. Rechte hoeklip  
10. Pen en gat  
11. Dubbele pen en gat  
12. Rond en bol

13. Zwaluwstaart met loef  
14. Schuine overkeping met tand


61



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Beugels



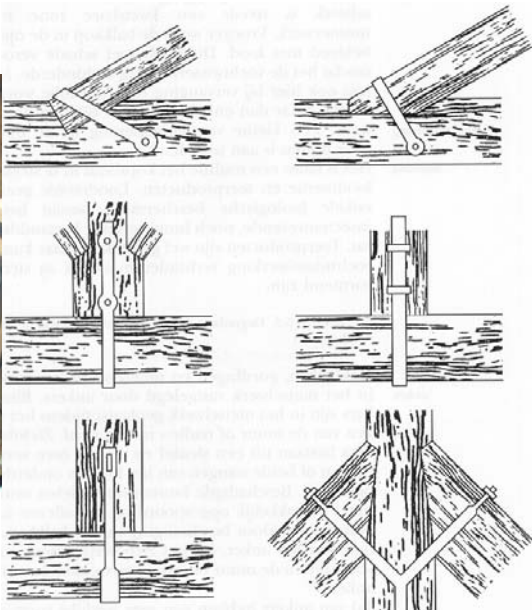



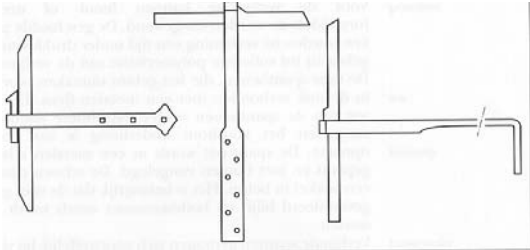
Foto links: Vleeshuis Antwerpen – beugel








Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Verankeringen




Verankeringen

Muurankers

Jaarankers



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Toognagels






Foto links: Vleeshuis Antwerpen – openstaande verbindingen

64

32

Building Materials and Building Technology KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Schade aan houtconstructies – hoe herkennen

- Schade-oorzaken:
  - (Over)belasting;
    - Eerder accidentele verhoging van belasting (storm,...)
    - Verkeerd gebruik;
    - Herbestemming met hogere vloerlasten;
  - Initieel te kort aan draagvermogen – **weerstand**:
    - Onderdimensionering (ontwerp);
    - Constructiefout (uitvoering);
  - **Weerstandsaantasting** (gebrek aan onderhoud);
    - Vocht (lekkende daken)/temperatuur;
    - Schimmels/kevers;
    - Overige biologische aantasting, zoals plantengroei,...;
    - Brand (sectieverlies);

65

Building Materials and Building Technology KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Preventief onderhoud - monitoring

Preventief onderhoud – renovatie/restauratie – monitoring – belang

1. Leien verschoven;
2. Vochtinfiltratie op houten bebording en onderliggende aansluiting spantbeen-trekker;
3. Opstapeling van vocht in verbinding;
4. Hout verweekt;
5. Toegankelijk voor kevers/schimmels;
6. Verlies aan sectie;
7. Falen van verbinding;
8. Structurele schade aan spant

Building Materials and Building Technology			KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN
Inspectietechnieken – (N)DT			
Method			
Non-Destructive	Semi-Destructive	Destructive	
Visual inspection	Endoscopy - videoscopy	Specimen extraction	
Stress and acoustic waves	Resistance drilling (Resistograph ®)	Full-member tests	
Electric resistivity	Core drilling (Zaphenschneider)	Standard tests of mechanical properties	
Radiography – X-ray	Pin penetration resistance		
Infrared thermography			
Species determination			
dendrochronology			

67

Building Materials and Building Technology			KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN
Visuele inspectie			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Houtrot/Uitvliegopeningen/schimmel;</li> <li>Ontbrekende delen (windschoren), loszittende delen, gebroken onderdelen,</li> <li>(Excessieve) (midden)doorbuiging (Vb.: Quartier Des Célestines – Namur, Heilige Geesttafel - Begijnhof);</li> <li>Dwarskrachtscheuren ter hoogte van opleg (Vb.: Heilige Geesttafel – Begijnhof Leuven);</li> <li>Horizontale en of verticale verplaatsingen thv opleg (Vb.: Sint-Jacobskerk – kepers westzijde transept Noord-Zuid), moerbalken Stalvleugels Abdij Van't Park, Heverlee)</li> <li>Openstaande verbindingen (Vb.: Tiendenscheur – Herkenrode Kuringen; Sint-Jacobskerk kepers transept noord-zuid);</li> <li>Ontbrekende/gebroken toognagels in verbindingen;</li> <li>Balkkoppen (rot – Vb.: Sint-Jacobs: westzijde transept Noord-Zuid – aantasting ook van dubbele muurplaat);</li> <li>Historische sporen van uitgevoerde herstellingen (Vb.: legio –zeker ook van Sint-Jacobskerk, met onder meer: vieringtoren, gewapend betonnen consoles transept zuid, metalen trekkers opstaand metselwerk, ophangen van moerbalk aan hanebalk ).</li> </ul>			

68





Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Visuele inspectie

- Oplijsten van (loszittende) verbindingen die opnieuw moeten hersteld worden tijdens restauratiewerken en van ontbrekende elementen – vb.: Sint-jacobskerk te Leuven.

Dakon- derdeel	Omschrijving verbinding	#
schip	<b>SM1</b> : 2de windschoor noord-oostzijde	1
	<b>SM3</b> : 1ste windschoor zuid-zuidzijde	1
	<b>SM4</b> : zuid-westzijde: verbinding (DCP 1680, Bijlage 12) tussen windschoor en kapbeen	1
	<b>SM4</b> : zuid-zijde: 2de gording: verbinding	
	<b>SM4</b> : zuid-oostzijde: 1ste windschoor	
	<b>SM5</b> : zuid-oostzijde: verbinding tussen 1ste windschoor en kapbeen	
	<b>SM5</b> : noord-oostzijde: 2de gording: verbinding van de 3 metalen pennen ontbrekend	
	<b>SM6</b> : zuid-west 1ste gording: verbinding	





Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Visuele inspectie

- Openstaande verbindingen – gebroken toognagels




Aansluiting kepers op gording – transept zuid – Sint-Jacobskerk

Foto: (links) Triconsult NV – Abdij Van't Park – Heverlee – Westvleugel – (rechts) Luc Schueremans - Sint-Jacobskerk te Leuven



Building Materials and Building Technology



KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Visuele inspectie

Historische sporen van uitgevoerde herstellingen

STZ4: balkkopprothese      STZ1





STN3

71



Building Materials and Building Technology



KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Visuele inspectie

Historische sporen van uitgevoerde herstellingen – Sint-jacobskerk





Transept zuid (oostzijde)      vieringtoren

72





Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Visuele inspectie

Historische sporen van uitgevoerde herstellingen

Viering




Sint-jacobskerk  
Ophangen gewelf  
Aan spantbenen  
STZ1&STZ2

73



Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Visuele inspectie

Historische sporen van uitgevoerde herstellingen

Sint-Jacobskerk - viering – knoop A (Zuid-West)



74



Building Materials and Building Technology

**Visuele inspectie**

Sint-Jan De Doperkerk, Groot Begijnhof te Leuven (inspectie 1999)


KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**







75



Building Materials and Building Technology

**Inspectietechnieken + monitoring**

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

- Kwantificeren van schade-impact - materiaalverlies;
  - Houtrot vaststellen (priem) – in kaart brengen weerstandbiedende sectie;
  - Resistograph;
- Materiaaleigenschappen:
  - Kernboring (Saphenschneider),...
- Monitoring (Vaststellen van evolutie/activiteit van een parameter):
  - Opvolgen van relatieve verplaatsingen, middendoorbuigingen;
  - Opvolgen van toename uitvliegopeningen;
  - Opvolgen van populatie houtborende kevers/insecten;
  - Temperatuur, RV, licht, pH. (randvoorwaarden voor ontwikkeling schade-degradatie)

76



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Vochtmeting, T en RV





Sint Quintinuskerk, Zonhoven



Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN


## Zapfenschneider





Hof Ter Heyde, Hoeilaart


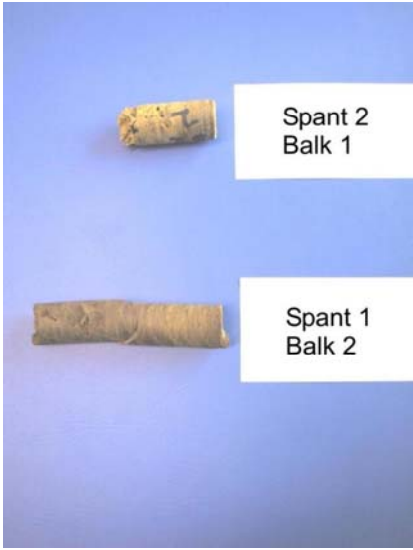




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Zapfenschneider

Poortgebouw Abdij, Tongerlo




Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
LEUVEN

## Prikken




St. Eustachiuskerk, Zichem





Building Materials and Building Technology

## Anamnesis – (N)DT

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

**Zaphenschneider**




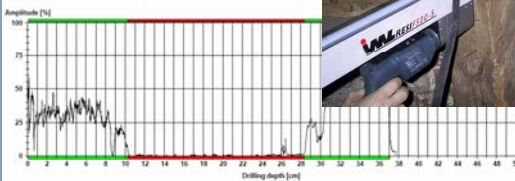

















**Measuring / object data**


Measurement no. : 11	Time : 14.10.17	Location : Dr. Jacobsdijk
Drilling depth : 37.79 cm	Ref. curve : 0	Name : 1 Leuven
Wood species : 011	Level : 0	
ID number : 011	Object species : 011 N	
Altitude : 14.06.2005		

**Resistograph**






Type Nr.	beschrijving
I	 <b>slecht</b>  <b>goed</b>
II	 <b>hol</b>  <b>goed</b>
III	 <b>slecht</b>
IV	 <b>gescheurd</b>  <b>slecht</b>  <b>Volledig rot</b>  <b>Samenge-stelde balk</b>
VIII	 <b>slecht</b>  <b>goed</b>
IX	 <b>slecht</b>  <b>goed</b>
X	 <b>slecht</b>  <b>goed</b>




Building Materials and Building Technology

## Resistograph

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**





Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Relatie met omliggende structuur

⇒ nood aan globaal beeld voor beoordeling van structureel gedrag gebouw:

- Impact van gewelfwerking onder kapconstructie - spatkrachten gewelven (Vb.: Sint-Jacobskerk – Transept noord en zuid – buitenwaartse verplaatsingen).
- Scheurvorming in metselwerk gerelateerd aan samenhang van opgaand metselwerk in torens door balklagen en muurankers

83



Building Materials and Building Technology
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Gewelfwerking onder kapconstructie

Voorbeeld: Sint-Jacobskerk – transept noord

Grote verplaatsingen aan westzijde

Niet enkel veroorzaakt door:

- Westzijde – slagregen: balkkoppen rot;



84





Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Gewelfwerking onder kapconstructie


Maar ook door Spatkrachten van het gewelf:

- Geen luchtbogen, noch trekkers (initieel);
- Velden van de gewelven zijn nominaal groter: overspanning: 8.25x8.25m<sup>2</sup>





85




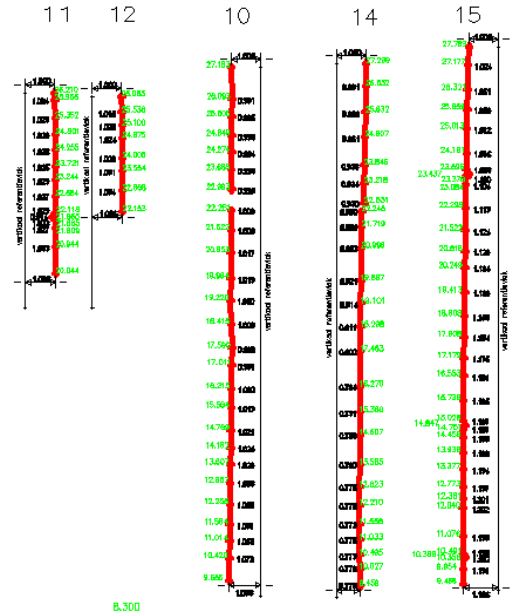
Building Materials and Building Technology

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Grote verplaatsingen

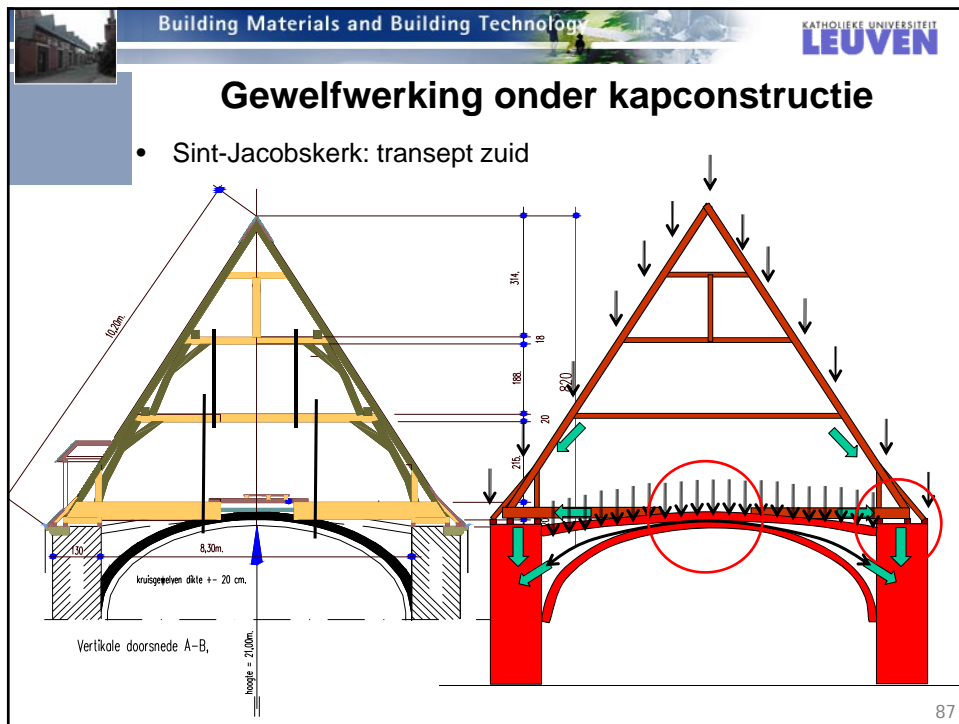




B.300

Buitengevel    Binnengevel    Binnengevel    Buitengevel

86





Building Materials and Building Technology


## Horizontal trusts

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**



Foto's: Triconsult NV – Donjon Peisegem

89



Building Materials and Building Technology

## Besluiten

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

- Materiaal – constructief gedrag
- Opbouw balklagen en kapconstructies
- Belangrijkste aspecten stabiliteit
- Details en samenhan
- Interactie met onderliggende structuur

90



Building Materials and Building Technology


KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Sint-Jacobskerk te Leuven

- Historische achtergrond
- Bouwfaserings
- Probleempunten – algemeen
- Houtstructuur



91



Building Materials and Building Technology

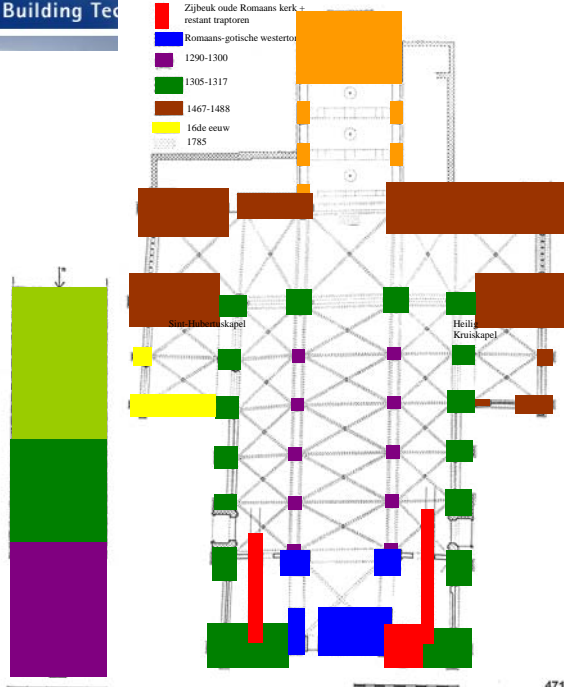
KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

## Bouwfaserings


1534-1535:  
1465: wooden  
ceiling  
main nave

1305-1317


1290-1300



471



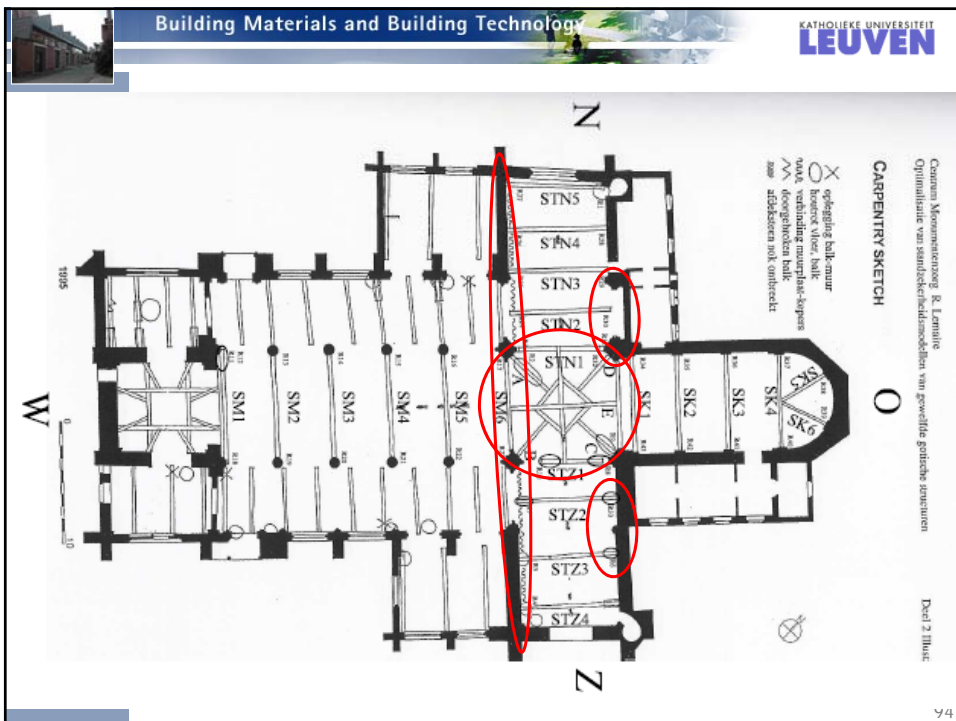
Building Materials and Building Technology



## Historical evidence of structural malfunctioning

- 1485-1487: vaults of side naves rebuilt – cracking due to large differential settlements;
- 1735: dismantling of bell-tower at crossing of transept and main naves**
- 1802: stability survey (2 experts) – advise for strengthening
- 1806: strengthening of pillars with steel rings;
- 1905: request for consolidation and strengthening after local inspection and in view of severe cracking in the west wall of the northern transept (after painting in 1872)
- 1929 and 1936: flying buttresses (those that remain) are in bad condition
- 1950-1953: repair of war damage (roofing, windows and stucco-ceiling)
- 1956: main nave and two side naves – out of plumb for 30 cm. Two years later – increase with 10 cm
- 1963: church closed
- 1965-1971: phase 1 of restoration 1961-1974 (dismantling of vaults in side nave; shoring of main columns, shoring of side naves)
- 2000: dismantling of flying buttresses
- 2005: consolidation measures: **repair of roofing (leakage)**, renovation of sewer system

5/6/2010





## The End

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
**LEUVEN**

Katholieke Universiteit Leuven  
Dank voor de aandacht  
Vragen ?

